# APÉNDICE

# A

Tabla 1. Comparación de la hidráulica con otros medios de accionamiento.

| | Electricidad | Hidráulica | Neumática |
|---|---|---|---|
| Fugas | | Contaminación | Aparte de la pérdida de energía, no tiene desventajas. |
| Influencias del entorno | Peligro de explosión de determinados entornos; relativamente sensible a la temperatura. | Sensible a las oscilaciones de la temperatura; Peligro de incendio en caso de fugas. | No produce explosiones; Insensible a las temperaturas. |
| Acumulación de energía | Difícil y solo en cantidades reducidas mediante baterías | Dentro de ciertos líomites, recurriendo a gases | Fácil |
| Transporte de la energía | Sin límites, aunque con pérdida de energía | Hasta 100 m con velocidad del caudal de v = 2-6 m/s, velocidad de señal hasta 1000 m/s. | Hasta 1000 m con velocidad del caudal de v = 20-40 m/s, velocidad de señal 20-40 m/s. |
| Velocidad de trabajo | | v = 0,5 m/s | v = 1,5 m/s |
| Costes de la energía consumida | Bajos | Altos | Muy altos |
| | 0,25 | : 1 | : 2,5 |
| Movimiento lineal | Difícil y costoso<br>Fuerzas pequeñas<br>Complicada regulación de las velocidades | Sencillo con cilindros<br>Fácil regulación de la velocidad<br>Fuerzas muy grandes | Sencillo con cilindros<br>Fuerzas limitadas<br>Velocidades muy dependientes de las cargas |
| Movimiento rotativo | Sencillo y de gran rendimiento | Sencillo<br>Par de giro elevado<br>Revoluciones bajas | Sencillo<br>Bajo rendimiento<br>Revoluciones elevadas |
| Exactitud de posicionamiento | Exactitudes hasta ±1µm fáciles de alcanzar | Dependiendo del sistema pueden alcanzarse precisiones de hasta ±1µm | Sin cambios de cargas, exactitud factible hasta 1/10 mm |
| Estabilidad | Muy buena si se utilizan conexiones mecánicas | Buena, puesto que el aceite prácticamente no se comprime; además el nivel de presión al de los sistemas neumáticos | Baja, puesto que el aire se comprime |
| Fuerzas | No resiste sobrecargas<br>Bajo rendimiento por los componentes mecánicos<br>Pueden obtenerse fuerzas considerables | Resistente a sobrecargas<br>Si el sistema tiene presiones elevadas hasta 600 bar, es factible generar fuerzas muy grandes F< 3000 kN. | Resistente a sobrecargas<br>Limitación de las fuerzas por la presión del aire y el diámetro de los cilindros F < 30 kN at 6 bar. |

Tabla 2. Diámetro del émbolo, fuerza y presión.

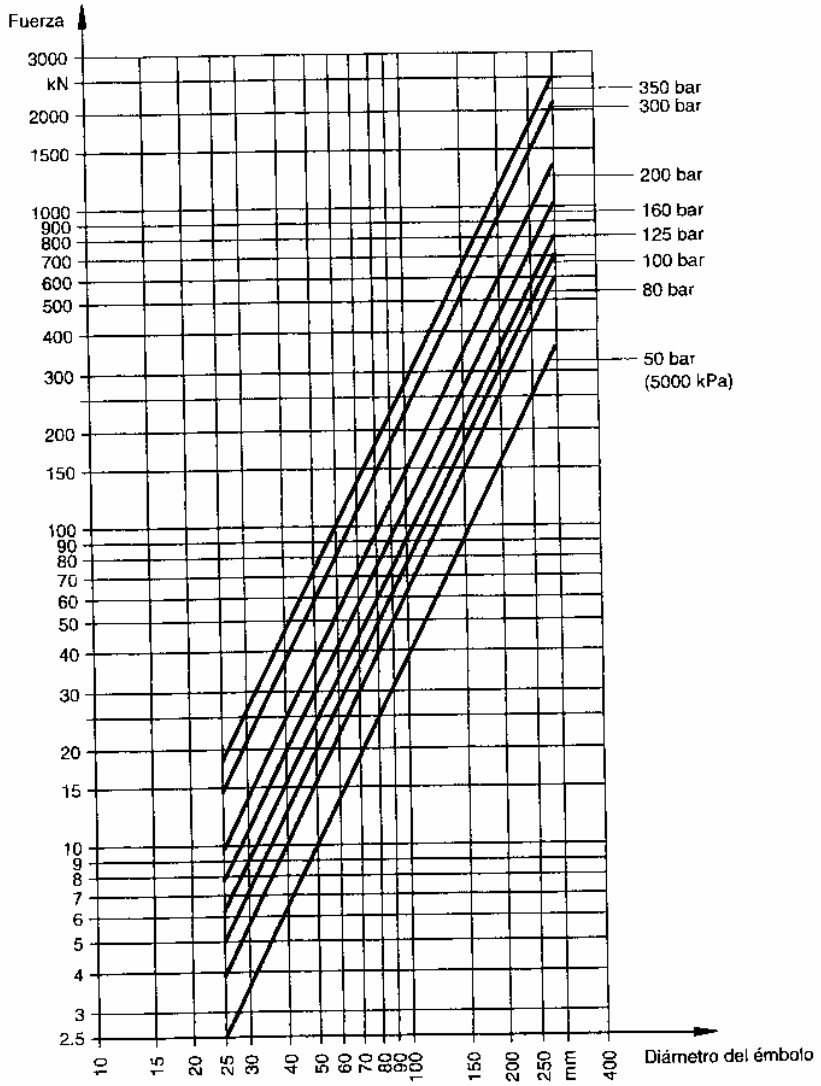


Tabla 3. Coeficiente geométrico.

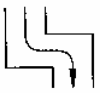
| | | |  | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Te | Curva 90° | Doble codo | Codo 90° | Válvula |
| ξ | 1,3 | 0,5 - 1 | 2 | 1,2 | 5 ... 15 |

Tabla 4. Diagrama viscosidad/presión.

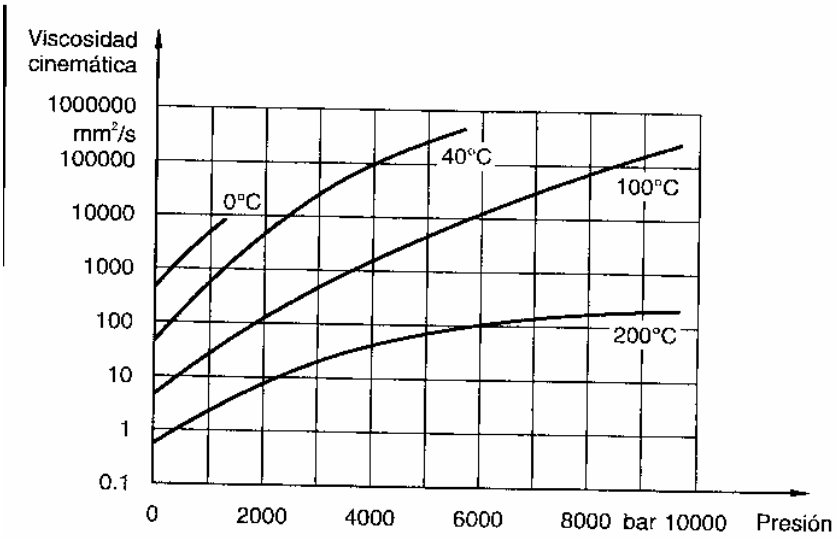


Tabla 5. Curva característica de los elementos del filtro de presión.

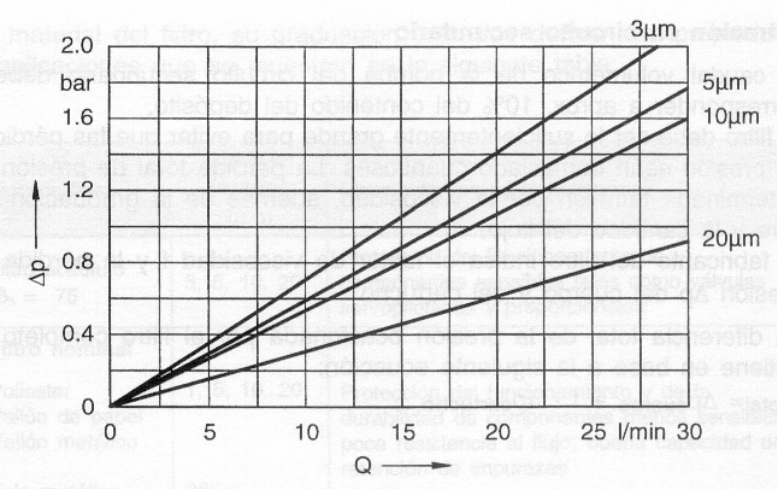


Tabla 6. Factor de viscosidad f.

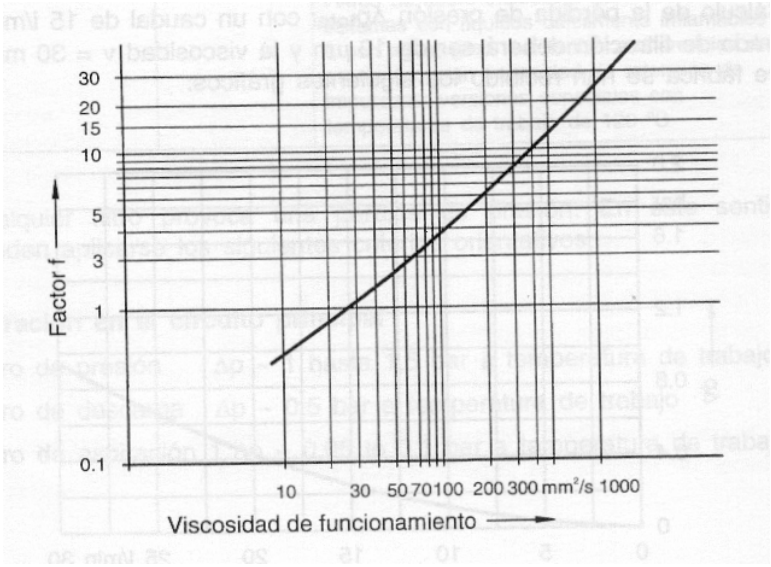


Tabla 7. Valor de l según los métodos de fijación (Euler).

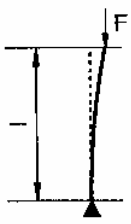
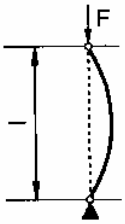
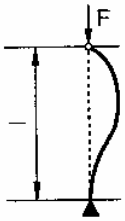
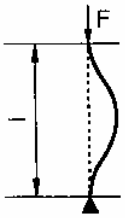
| Caso 1 | Caso 2 (Caso básico) | Caso 3 | Caso 4 |
|---|---|---|---|
| Un extremo libre y un extremo fijo | Ambos extremos articulados | Un extremo articulado y un extremo fijo | Ambos extremos fijos |
|   |   |   |   |
| $l_K = 2l$ | $l_K = l$ | $l_K = l * \sqrt{1/2}$ (0.707) | $l_K = 1/2$ |

Tabla 8. Ejemplo para determinar la longitud l.

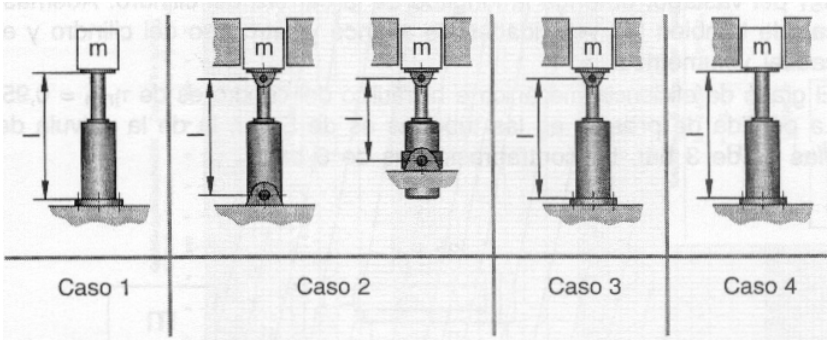


Tabla 9. Dimensiones para cilindros de montaje de oreja hembra en soporte.

## DIMENSIONES PARA CILINDROS DE MONTAJE DE OREJA HEMBRA EN SOPORTE

| TUBO | VASTAGO | A | C | CB † | CD | CW | D | E | EE (NPT) | F | FH | G | J | K | KK | L | LB * | LR | M | MR | P * | RM | V | XD * | Y NPT |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 1/2 | 5/8 | 3/4 | 3/8 | 3/4 | 1/2 | 1/2 | 17/32 | 2 1/2 | 1/2 | 3/8 | 3/8 | 1 3/4 | 1 1/2 | 3/8 | 7/16-20 | 3/4 | 4 5/8 | 9/16 | 1/2 | 3/16 | 3 | ● | 1/4 | 6 3/4 | 1 15/16 |
| | 1 | 1 1/8 | 1/2 | 3/4 | 1/2 | 1/2 | 7/8 | 2 1/2 | 1/2 | 3/8 | 3/8 | 1 3/4 | 1 1/2 | 3/8 | 3/4-16 | 3/4 | 4 5/8 | 9/16 | 1/2 | 3/16 | 3 | ● | 1/2 | 7 1/8 | 2 5/16 |
| 2 | 1 | 1 1/8 | 1/2 | 1 1/4 | 3/4 | 5/8 | 7/8 | 3 | 1/2 | 5/8 | 5/8 | 1 3/4 | 1 1/2 | 7/16 | 3/4-16 | 1 1/4 | 4 5/8 | 1 1/16 | 3/4 | 1 1/16 | 3 | ■ | 1/4 | 7 7/8 | 2 5/16 |
| | 1 3/8 | 1 5/8 | 5/8 | 1 1/4 | 3/4 | 5/8 | 1 1/8 | 3 | 1/2 | 5/8 | 5/8 | 1 3/4 | 1 1/2 | 7/16 | 1-14 | 1 1/4 | 4 5/8 | 1 1/16 | 3/4 | 1 1/16 | 3 | ● | 3/8 | 8 1/8 | 2 9/16 |
| 2 1/2 | 1 | 1 1/8 | 1/2 | 1 1/4 | 3/4 | 5/8 | 7/8 | 3 1/2 | 1/2 | 1/2 | 5/8 | 1 3/4 | 1 1/2 | 7/16 | 3/4-16 | 1 1/4 | 4 3/4 | 1 1/16 | 3/4 | 1 1/16 | 3 1/8 | 2 5/8 | 3/8 | 8 | 2 5/16 |
| | 1 3/8 | 1 5/8 | 5/8 | 1 1/4 | 3/4 | 5/8 | 1 1/8 | 3 1/2 | 1/2 | 5/8 | 5/8 | 1 3/4 | 1 1/2 | 7/16 | 1-14 | 1 1/4 | 4 3/4 | 1 1/16 | 3/4 | 1 1/16 | 3 1/8 | ● | 3/8 | 8 1/4 | 2 9/16 |
| | 1 3/4 | 2 | 3/4 | 1 1/2 | 3/4 | 5/8 | 1 1/2 | 3 1/2 | 1/2 | 5/8 | 5/8 | 1 3/4 | 1 1/2 | 7/16 | 1 1/4-12 | 1 1/2 | 4 3/4 | 1 1/16 | 3/4 | 1 1/16 | 3 1/8 | ■ | 1/2 | 8 1/2 | 2 13/16 |
| 3 1/4 | 1 3/8 | 1 5/8 | 5/8 | 1 1/2 | 1 | 3/4 | 1 1/8 | 4 1/2 | 3/4 | 19/32 | 3/4 | 2 | 1 3/4 | 9/16 | 1-14 | 1 1/2 | 5 1/2 | 1 1/4 | 1 | 1 1/8 | 3 5/8 | 3 1/4 | 13/32 | 9 3/8 | 2 11/16 |
| | 1 3/4 | 2 | 3/4 | 1 1/2 | 1 | 3/4 | 1 1/2 | 4 1/2 | 3/4 | 3/4 | 3/4 | 2 | 1 3/4 | 9/16 | 1 1/4-12 | 1 1/2 | 5 1/2 | 1 1/4 | 1 | 1 1/8 | 3 5/8 | ● | 3/8 | 9 5/8 | 2 15/16 |
| | 2 | 2 1/4 | 7/8 | 1 1/2 | 1 | 3/4 | 1 3/4 | 4 1/2 | 3/4 | 3/4 | 3/4 | 2 | 1 3/4 | 9/16 | 1 1/2-12 | 1 1/2 | 5 1/2 | 1 1/4 | 1 | 1 1/8 | 3 5/8 | ● | 3/8 | 9 3/4 | 3 1/16 |
| 4 | 1 3/4 | 2 | 3/4 | 2 | 1 3/8 | 1 | 1 1/2 | 5 | 3/4 | 19/32 | 7/8 | 2 | 1 3/4 | 9/16 | 1 1/4-12 | 2 1/8 | 5 3/4 | 1 7/8 | 1 3/8 | 1 3/4 | 3 7/8 | 3 7/8 | 17/32 | 10 5/8 | 2 15/16 |
| | 2 | 2 1/4 | 7/8 | 2 | 1 3/8 | 1 | 1 3/4 | 5 | 3/4 | 19/32 | 7/8 | 2 | 1 3/4 | 9/16 | 1 1/2-12 | 2 1/8 | 5 3/4 | 1 7/8 | 1 3/8 | 1 3/4 | 3 7/8 | 4 | 17/32 | 10 3/4 | 3 1/16 |
| | 2 1/2 | 3 | 1 | 2 | 1 3/8 | 1 | 2 1/8 | 5 | 3/4 | 19/32 | 7/8 | 2 | 1 3/4 | 9/16 | 1 7/8-12 | 2 1/8 | 5 3/4 | 1 7/8 | 1 3/8 | 1 3/4 | 3 7/8 | 4 7/16 | 21/32 | 11 | 3 5/16 |
| 5 | 2 | 2 1/4 | 7/8 | 2 1/2 | 1 3/4 | 1 1/4 | 1 3/4 | 6 1/2 | 3/4 | 19/32 | 7/8 | 2 | 1 3/4 | 13/16 | 1 1/2-12 | 2 1/4 | 6 1/4 | 1 15/16 | 1 3/4 | 1 7/8 | 4 3/8 | 4 | 17/32 | 11 3/8 | 3 1/16 |
| | 2 1/2 | 3 | 1 | 2 1/2 | 1 3/4 | 1 1/4 | 2 1/8 | 6 1/2 | 3/4 | 19/32 | 7/8 | 2 | 1 3/4 | 13/16 | 1 7/8-12 | 2 1/4 | 6 1/4 | 1 15/16 | 1 3/4 | 1 7/8 | 4 3/8 | 4 7/16 | 21/32 | 11 5/8 | 3 5/16 |
| | 3 | 3 1/2 | 1 | 2 1/2 | 1 3/4 | 1 1/4 | 2 5/8 | 6 1/2 | 3/4 | 23/32 | 7/8 | 2 | 1 3/4 | 13/16 | 2 1/4-12 | 2 1/4 | 6 1/4 | 1 15/16 | 1 3/4 | 1 7/8 | 4 3/8 | 5 1/4 | 17/32 | 11 5/8 | 3 5/16 |
| | 3 1/2 | 3 1/2 | 1 | 2 1/2 | 1 3/4 | 1 1/4 | 3 | 6 1/2 | 3/4 | 23/32 | 7/8 | 2 | 1 3/4 | 13/16 | 2 1/2-12 | 2 1/4 | 6 1/4 | 1 15/16 | 1 3/4 | 1 7/8 | 4 3/8 | 5 5/8 | 17/32 | 11 5/8 | 3 5/16 |
| 6 | 2 1/2 | 3 | 1 | 2 1/2 | 2 | 1 1/4 | 2 1/8 | 7 1/2 | 1 | 19/32 | 1 | 2 1/4 | 2 1/4 | 15/16 | 1 7/8-12 | 2 1/2 | 7 3/8 | 2 1/16 | 2 | 2 1/8 | 5 | 4 7/16 | 21/32 | 13 1/8 | 3 7/16 |
| | 3 | 3 1/2 | 1 | 2 1/2 | 2 | 1 1/4 | 2 5/8 | 7 1/2 | 1 | 23/32 | 1 | 2 1/4 | 2 1/4 | 15/16 | 2 1/4-12 | 2 1/2 | 7 3/8 | 2 1/16 | 2 | 2 1/8 | 5 | 5 1/4 | 17/32 | 13 1/8 | 3 7/16 |
| | 4 | 4 | 1 | 2 1/2 | 2 | 1 1/4 | 3 | 7 1/2 | 1 | 23/32 | 1 | 2 1/4 | 2 1/4 | 15/16 | 2 1/2-12 | 2 1/2 | 7 3/8 | 2 1/16 | 2 | 2 1/8 | 5 | 5 5/8 | 17/32 | 13 1/8 | 3 7/16 |
| | 3 1/2 | 3 1/2 | 1 | 3 | 3 | 1 1/2 | ■ | 7 1/2 | 1 | 23/32 | 1 | 3 | 3 | 1 1/8 | 2 1/2-12 | 3 1/4 | 9 1/2 | 2 11/16 | 2 3/4 | 2 3/4 | 6 1/4 | 5 5/8 | 17/32 | 16 | 3 7/8 |
| | 4 | 4 | 1 | 3 | 3 | 1 1/2 | ■ | 9 1/2 | 1 1/2 | 7/8 | 1 | 3 | 3 | 1 1/8 | 3-12 | 3 1/4 | 9 1/2 | 2 11/16 | 2 3/4 | 2 3/4 | 6 1/4 | 6 7/16 | 3/8 | 16 | 3 7/8 |
| 8 | 4 1/2 | 4 1/2 | 1 | 3 | 3 | 1 1/2 | ■ | 9 1/2 | 1 1/2 | 7/8 | 1 | 3 | 3 | 1 1/8 | 3 1/4-12 | 3 1/4 | 9 1/2 | 2 11/16 | 2 3/4 | 2 3/4 | 6 1/4 | 7 1/8 | 3/8 | 16 | 3 7/8 |
| | 5 | 5 | 1 | 3 | 3 | 1 1/2 | ■ | 9 1/2 | 1 1/2 | 7/8 | 1 | 3 | 3 | 1 1/8 | 3 1/2-12 | 3 1/4 | 9 1/2 | 2 11/16 | 2 3/4 | 2 3/4 | 6 1/4 | 7 9/16 | 3/8 | 16 | 3 7/8 |
| | 5 1/2 | 5 1/2 | 1 | 3 | 3 | 1 1/2 | ■ | 9 1/2 | 1 1/2 | 7/8 | 1 | 3 | 3 | 1 1/8 | 4-12 | 3 1/4 | 9 1/2 | 2 11/16 | 2 3/4 | 2 3/4 | 6 1/4 | 8 3/8 | 3/8 | 16 | 3 7/8 |
| | 4 1/2 | 4 1/2 | / | 4 | 3 1/2 | 2 | ■ | 12 5/8 | 2 | 7/8 | / | 3 11/16 | 3 11/16 | 1 5/8 | 3 1/4-12 | 4 | 12 1/8 | 3 3/8 | 3 1/2 | / | 8 1/8 | 7 1/8 | 1 1/16 | / | 4 15/16 |
| 10 | 5 | 5 | / | 4 | 3 1/2 | 2 | ■ | 12 5/8 | 2 | 1 1/8 | / | 3 11/16 | 3 11/16 | 1 5/8 | 3 1/2-12 | 4 | 12 1/8 | 3 3/8 | 3 1/2 | / | 8 1/8 | 7 5/8 | 1 1/16 | / | 5 3/16 |
| | 5 1/2 | 5 1/2 | / | 4 | 3 1/2 | 2 | ■ | 12 5/8 | 2 | 1 3/8 | / | 3 11/16 | 3 11/16 | 1 5/8 | 4-12 | 4 | 12 1/8 | 3 3/8 | 3 1/2 | / | 8 1/8 | 8 3/8 | 13/16 | / | 5 3/16 |
| | 7 | 7 | / | 4 | 3 1/2 | 2 | ■ | 12 5/8 | 2 | 1 5/8 | / | 3 11/16 | 3 11/16 | 1 5/8 | 5-12 | 4 | 12 1/8 | 3 3/8 | 3 1/2 | / | 8 1/8 | 10 3/16 | 7/8 | / | 5 1/2 |
| 12 | 5 1/2 | 5 1/2 | / | 4 1/2 | 2 1/4 | ■ | 14 7/8 | 2 1/2 | 1 3/8 | / | 4 7/16 | 4 7/16 | 1 13/16 | 4-12 | 4 1/2 | 14 1/2 | 3 7/8 | 4 | / | 9 1/2 | 8 3/8 | 13/16 | / | 5 11/16 |
| | 7 | 7 | / | 4 1/2 | 2 1/4 | ■ | 14 7/8 | 2 1/2 | 1 5/8 | / | 4 7/16 | 4 7/16 | 1 13/16 | 5-12 | 4 1/2 | 14 1/2 | 3 7/8 | 4 | / | 9 1/2 | 10 3/16 | 7/8 | / | 6 |
| | 8 | 8 | / | 4 1/2 | 4 | 2 1/4 | ■ | 14 7/8 | 2 1/2 | 1 7/8 | / | 4 7/16 | 4 7/16 | 1 13/16 | 5-12 | 4 1/2 | 14 1/2 | 3 7/8 | 4 | / | 9 1/2 | 12 3/8 | 1 1/8 | / | 6 1/2 |
| 14 | 7 | 7 | / | 6 | 5 | 3 | ■ | 17 1/8 | 2 1/2 | 1 5/8 | / | 4 7/8 | 4 7/8 | 1 13/16 | 5-12 | 5 3/4 | 15 5/8 | 4 3/16 | 5 | / | 9 7/8 | 10 13/16 | 7/8 | / | 6 3/8 |
| | 8 | 8 | / | 6 | 5 | 3 | ■ | 17 1/8 | 2 1/2 | 1 7/8 | / | 4 7/8 | 4 7/8 | 1 13/16 | 5 3/4-12 | 5 3/4 | 15 5/8 | 4 3/16 | 5 | / | 9 7/8 | 12 3/8 | 1 1/8 | / | 6 7/8 |
| | 9 | 9 | / | 6 | 5 | 3 | ■ | 17 1/8 | 2 1/2 | 2 3/16 | / | 4 7/8 | 4 7/8 | 1 13/16 | 6 1/2-12 | 5 3/4 | 15 5/8 | 4 3/16 | 5 | / | 9 7/8 | 13 1/8 | 1 1/16 | / | 7 1/8 |
| | 10 | 10 | / | 6 | 5 | 3 | ■ | 17 1/8 | 2 1/2 | 2 11/16 | / | 4 7/8 | 4 7/8 | 1 13/16 | 7 1/4-12 | 5 3/4 | 15 5/8 | 4 3/16 | 5 | / | 9 7/8 | 14 5/8 | 13/16 | / | 7 3/8 |

Tabla 10. Diagrama de resistencia al pandeo.

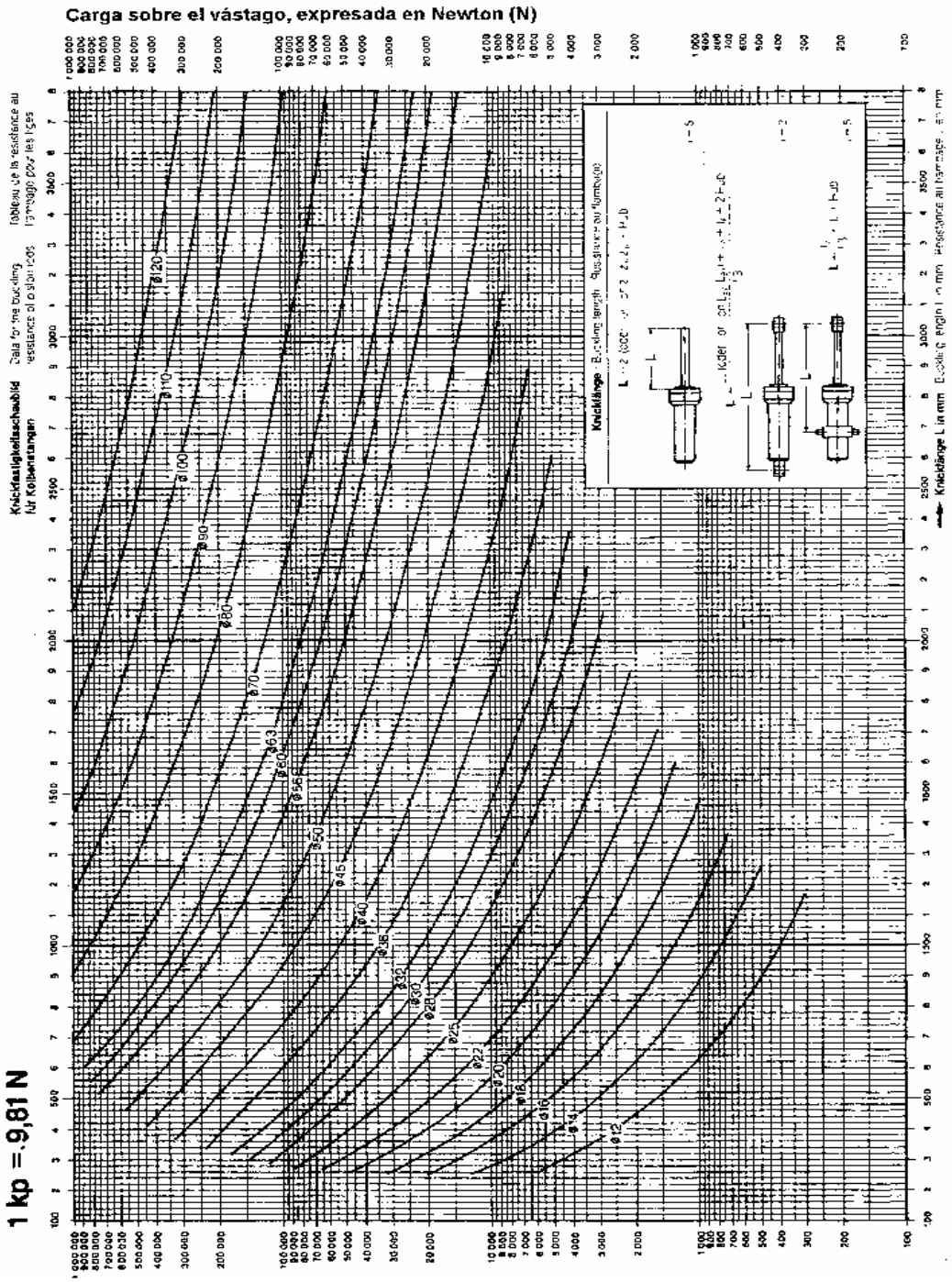


Tabla 11. Diagrama de pandeo.

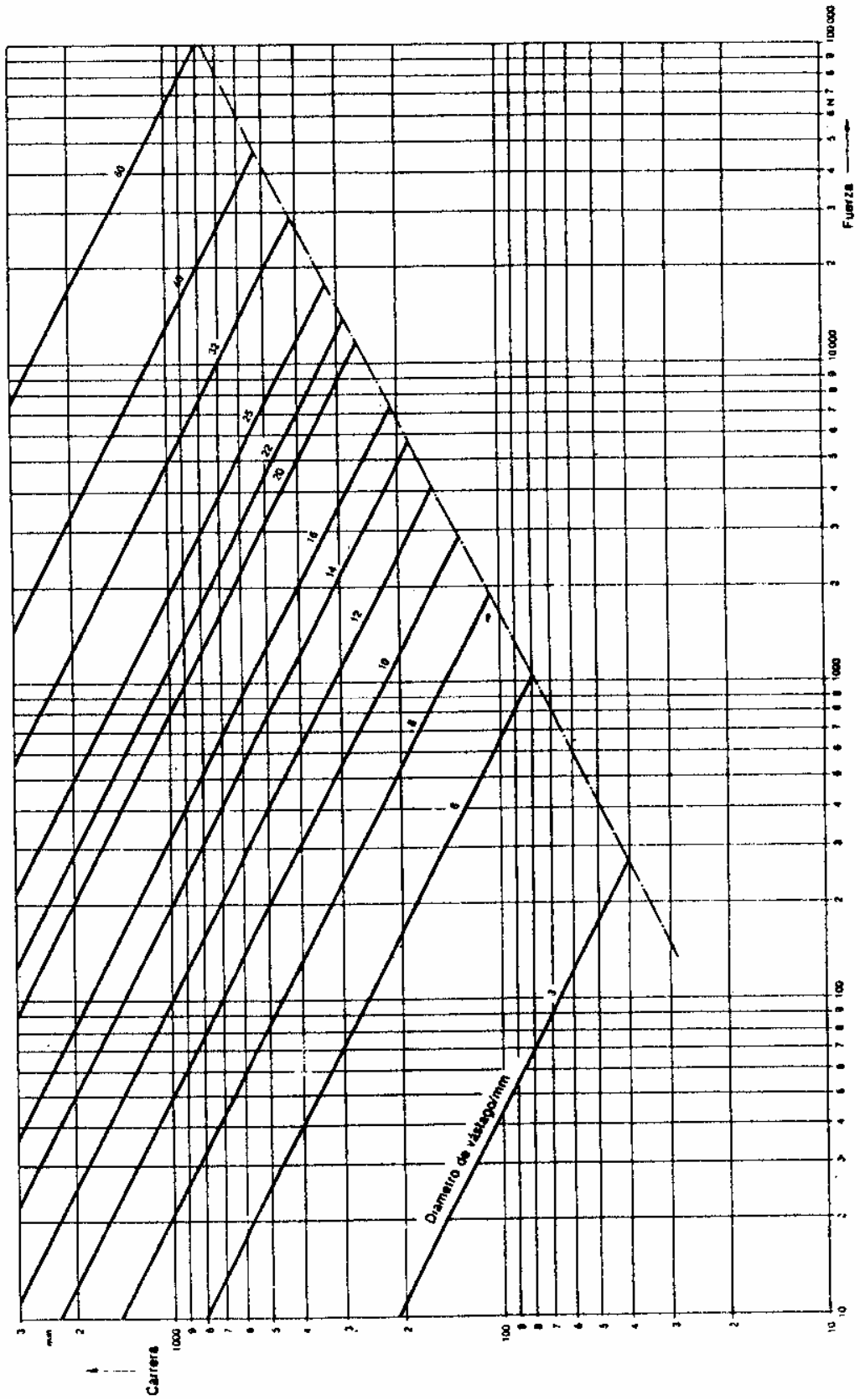


Tabla 12. Reglas para el montaje de tuberías.

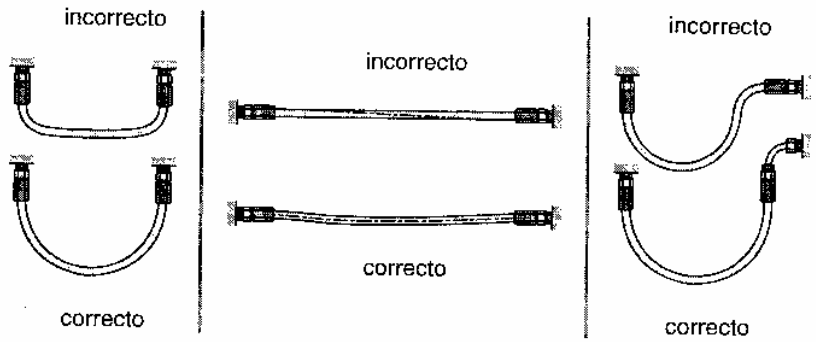


Tabla 13. Extremo de conexión de acoplamiento para tubos flexibles.

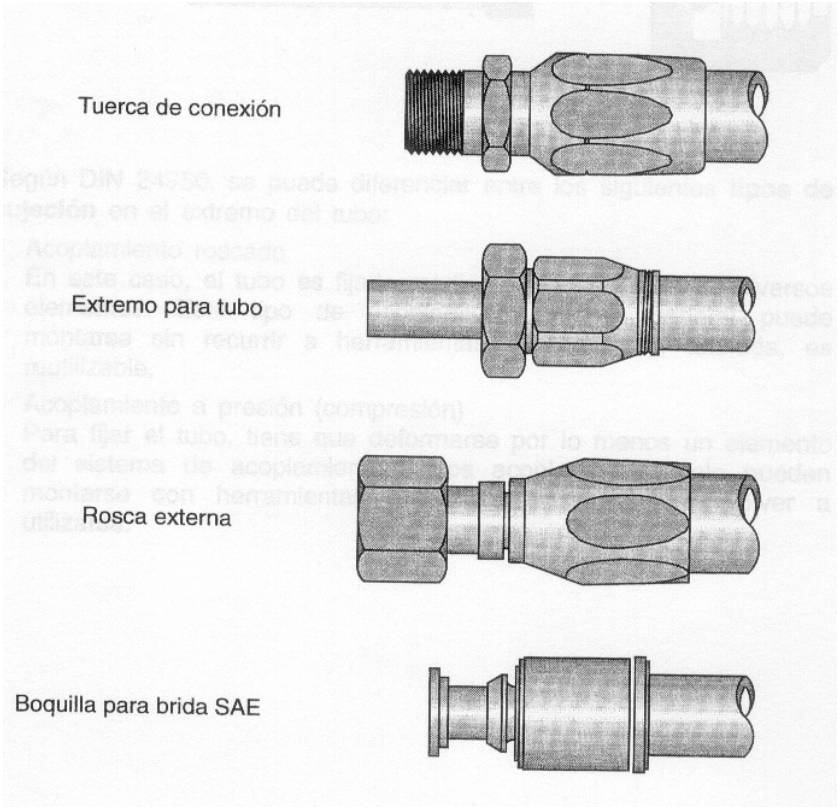


Tabla 14. Boquillas de acoplamientos.

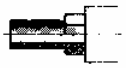
| | |
|---|---|
| Boquilla con cabeza de obturación | Cono con junta tórica |
| Boquilla con rosca | |
| Boquilla atornillable | |
| Boquilla con tubo |  |
| Boquilla con collar | |
| Boquilla con brida | |
| Boquilla con anillo | |

Tabla 15. Simbología, unidades y dimensiones.

| Magnitudes | Símbolo | Unidad SI | Dimensiones |
|---|---|---|---|
| **Distancia** | s | Metro | m  1 m = 1000 mm |
| **Fuerza** | F | Newtons | N  $1\ N = 1\frac{kg \cdot m}{s^2}$ |
| **Tiempo** | t | Segundo | s |
| **Velocidad** | v | $\frac{\text{Metros}}{\text{Segundo}}$ | $\frac{m}{s}$  $1\frac{m}{s}$  $60\frac{m}{min}$ |
| **Presión** | p | $\frac{\text{Newton}}{\text{Metro cuadrado}}$ | $\frac{N}{m^2}$  $1\frac{N}{m^2} = 1Pa$  Pa = Pascal<br>1 Pa = $10^{-5}$ bar<br>1 bar = $10^5$ Pa<br>1 bar = $10\frac{N}{cm^2}$ |
| **Densitdad** | ρ | $\frac{\text{Kilogramos}}{\text{Metros cúbicos}}$ | $\frac{kg}{m^3}$  $1000\frac{kg}{m^3} = 1\frac{kg}{dm^3} = 1\frac{g}{cm^3}$ |
| **Superficie** | A | Metros cuadrados | $m^2$ |
| **Volumen** | V | Metros cúbicos | $m^3$  $1m^3 = 1000\,l$<br>l = Litro<br>1l = 1 $dm^3$ |
| **Caudal volumétrico** | Q V | $\frac{\text{Metros cúbicos}}{\text{Segundo}}$ | $\frac{m^3}{s} = 1\frac{m^3}{s} = 60\,000\ \frac{l}{min}$<br>$1\frac{l}{min} = \frac{1}{60\,000}\ \frac{m^3}{s}$ |
| **Energía, trabajo** | W | Newton metros | Nm  1 Nm = 1J  J = Joule |
| **Potencia** | P | Vatios<br>$\frac{\text{Newton metros}}{\text{Segundo}}$ | W  1 kW = 1000 W<br>1 kW = 1.36 PS<br>1 PS = 0,763 kW<br>$\frac{Nm}{s}$  1 W = $1\frac{Nm}{s}$<br>1 W = $1\frac{J}{s}$ |
| **Coeficiente de fricción en el tubo** | λ | | |
| **Coeficiente de resistencia** | ζ | | |
| **Viscosidad cinemática** | v | $\frac{\text{Metros cuadrados}}{\text{Segundo}}$ | $\frac{m^2}{s}$ |
| **Grado de eficiencia (rendimiento)** | η | | |
| **Número de Reynolds** | Re | | |

Tabla 16. Conversiones de las unidades de presión.

| | Pa | bar | mbar | Torr | at |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 Pa = 1 $N/m^2$ | 1 | $10^{-5}$ | $10^{-2}$ | $7,5 \cdot 10^{-3}$ | $1,02 \cdot 10^{-5}$ |
| 1 bar = 10 $N/cm^2$ | $10^5$ | 1 | 103 | 750 | 1,02 |
| 1 mbar = 1 $N/dm^2$ | 100 | $10^{-3}$ | 1 | 0,75 | $1,02 \cdot 10^{-3}$ |
| 1 Torr = 1 mm Hg | $1,33 \cdot 10^2$ | $1,33 \cdot 10^{-3}$ | 1,33 | 1 | $1,36 \cdot 10^{-3}$ |
| 1 at = 1 $kp/cm^2$ | $0,981 \cdot 10^5$ | 0,981 | $0,981 \cdot 10^3$ | 736 | 1 |

Tabla 17. Característica de caudal/caída de presión.

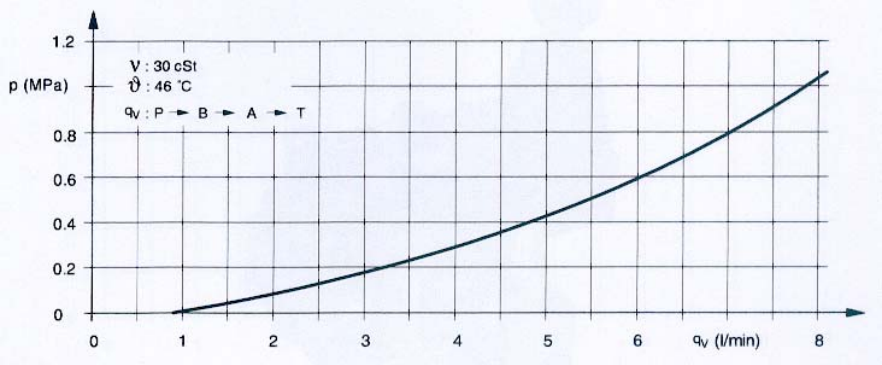


Tabla 18. Diagrama Presión-Fuerza.

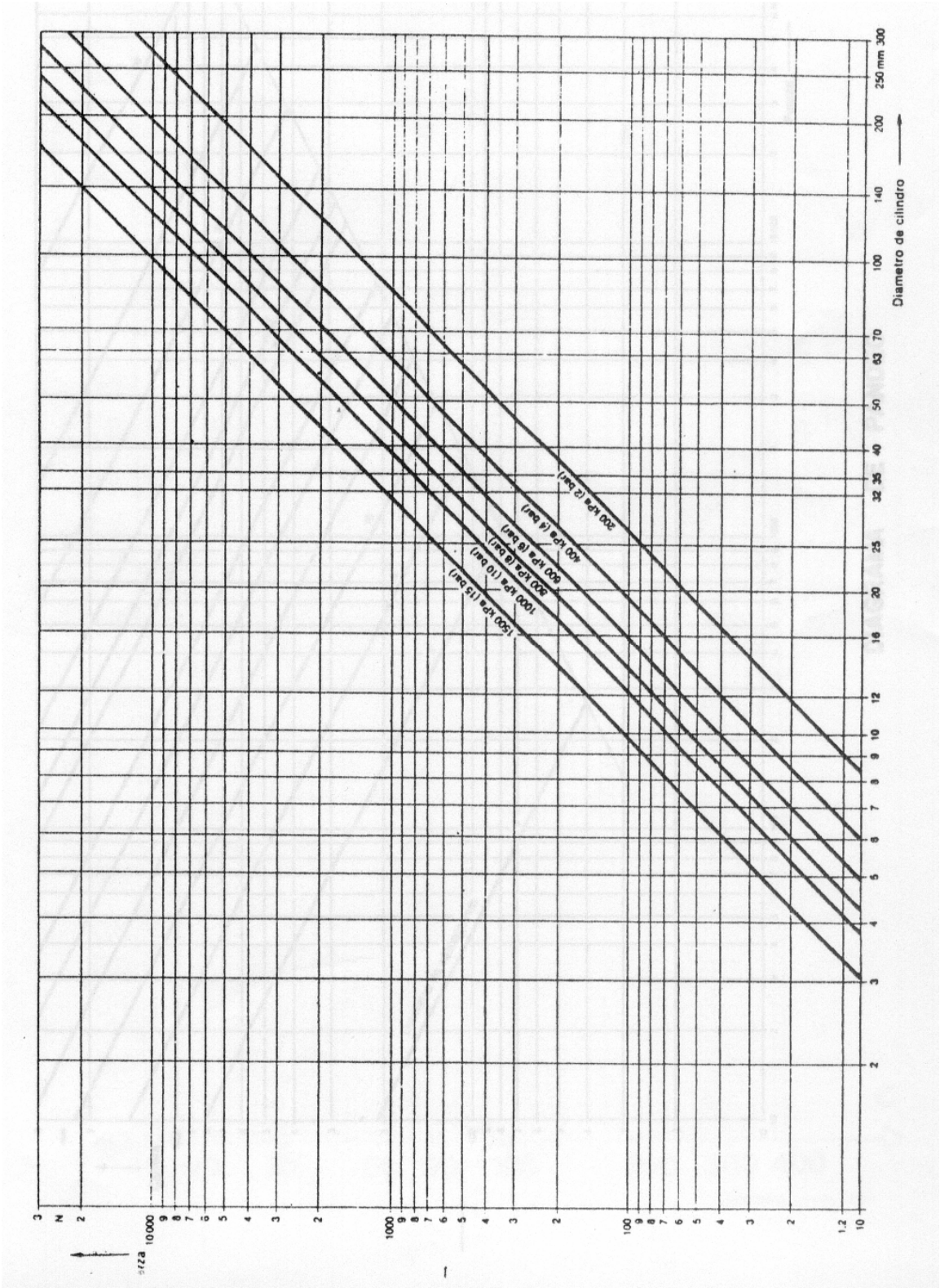


Tabla 19. Caída de presión en tuberías.

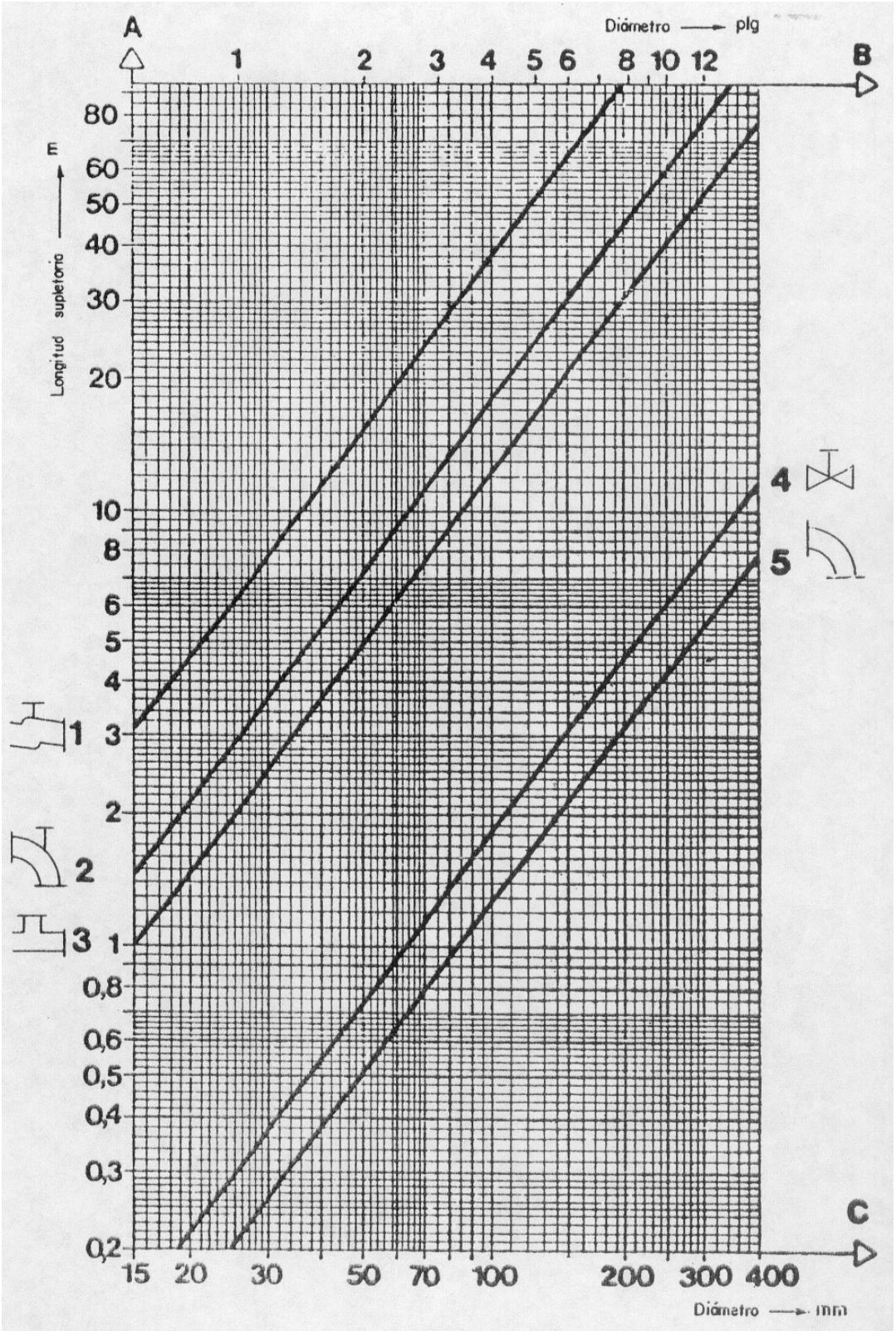
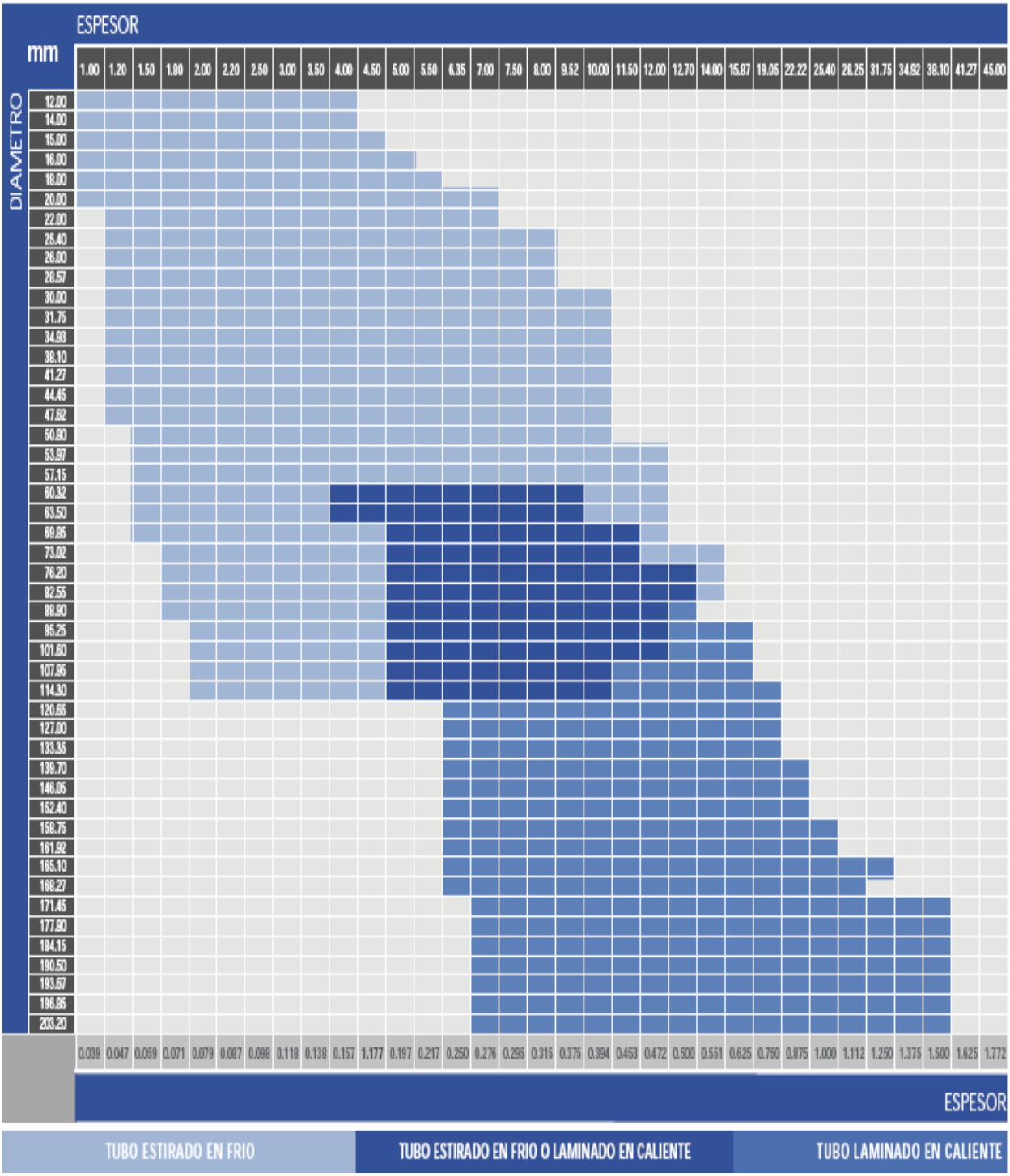



Tabla 20. Ilustración del Rango Dimensional de las tuberías.